

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2001202977 A**

(43) Date of publication of application: **27.07.01**

(51) Int. Cl.

H01M 8/04
B01D 63/02
F24F 6/06
H01M 8/10

(21) Application number: **2000010971**

(22) Date of filing: **19.01.00**

(71) Applicant: **HONDA MOTOR CO LTD**

(72) Inventor:
KUSANO YOSHIO
SHIMANUKI HIROSHI
SUZUKI MIKIHIRO
KATAGIRI TOSHIKATSU

(54) **HUMIDIFIER**

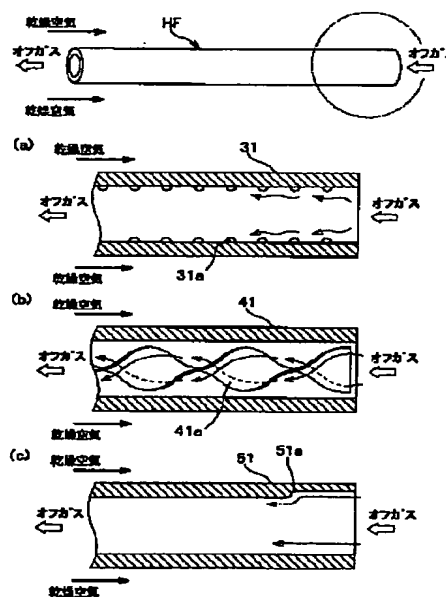
(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a humidifier, in which water permeability from a damp gas side to a dry gas side can be increased, and which can be used satisfactorily for humidifying a fuel cell.

SOLUTION: In the humidifier, a large number of water permeable hollow fiber membranes arranged along a longitudinal direction of a housing, are housed in a housing, a moisture exchange between gases is performed by feeding the gases having different moisture contents inside and outside of the hollow fiber membrane, respectively, and dry gas having low moisture content is humidified. On the inner hollow fiber membrane, a structure for generating turbulence is provided. ON the inner wall of the hollow fiber membrane, the projections are provided. At a gas inlet to the inside the hollow fiber membrane, a twisting fin is provided. At the gas inlet to the inside the hollow fiber membrane, a

step is provided.

COPYRIGHT: (C)2001,JPO



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-202977

(P2001-202977A)

(43)公開日 平成13年7月27日(2001.7.27)

(51)Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テマコード*(参考)

H 0 1 M 8/04

H 0 1 M 8/04

K 3 L 0 5 5

B 0 1 D 63/02

B 0 1 D 63/02

4 D 0 0 6

F 2 4 F 6/06

F 2 4 F 6/06

5 H 0 2 6

H 0 1 M 8/10

H 0 1 M 8/10

5 H 0 2 7

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 11 頁)

(21)出願番号 特願2000-10971(P2000-10971)

(22)出願日 平成12年1月19日(2000.1.19)

(71)出願人 000005326

本田技研工業株式会社

東京都港区南青山二丁目1番1号

(72)発明者 草野 佳夫

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会

社本田技術研究所内

(72)発明者 島貫 寛士

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会

社本田技術研究所内

(74)代理人 100064414

弁理士 磯野 道造

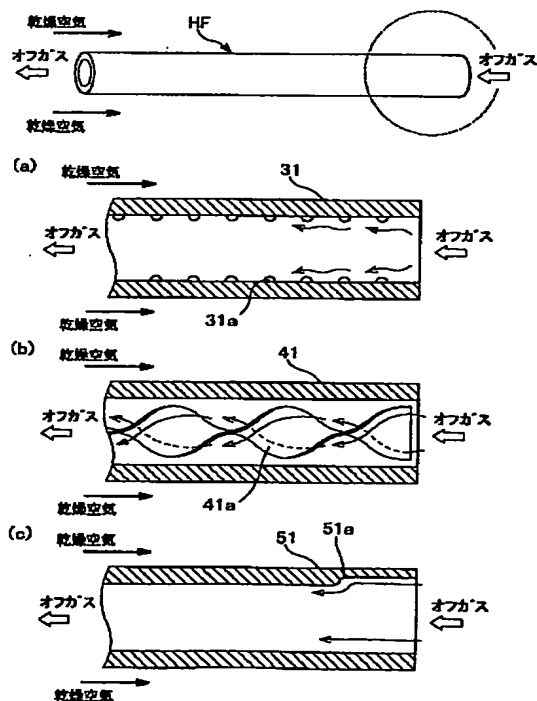
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 加湿装置

(57)【要約】

【課題】 湿潤気体側から乾燥気体側への水分透過率を向上させることができ、燃料電池の加湿用に好適に使用することのできる加湿装置を提供すること。

【解決手段】 ハウジングの長手方向に沿って配した多数の水透過性の中空糸膜を前記ハウジング内に収納し、前記中空糸膜の内側と外側にそれぞれ水分含有量の異なる気体を通流して前記気体間で水分交換を行い、水分含有量の少ない乾燥気体を加湿する加湿装置において、前記中空糸膜の内側に乱流発生構造を設けた。また、中空糸膜の内壁面に突起を設けた。また、中空糸膜の内側への気体の入口部に捻れフィンを設けた。また、中空糸膜の内側への気体の入口部に段差部を設けた。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】ハウジングの長手方向に沿って配した多数の水透過性の中空糸膜を前記ハウジング内に収納し、前記中空糸膜の内側と外側にそれぞれ水分含有量の異なる気体を通流して前記気体間で水分交換を行い、水分含有量の少ない乾燥気体を加湿する加湿装置において、前記中空糸膜の内側に乱流発生構造を設けたことを特徴とする加湿装置。

【請求項 2】前記乱流発生構造が、前記中空糸膜の内壁面に突起を設けたことを特徴とする請求項 1 に記載の加湿装置。

【請求項 3】前記乱流発生構造が、前記中空糸膜の内側への気体の入口部に捻れフィンを設けたことを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の加湿装置。

【請求項 4】前記乱流発生構造が、前記中空糸膜の内側への気体の入口部に段差部を設けたことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 3 のうちのいずれか 1 項に記載の加湿装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、加湿装置に関し、さらに詳しくは、水透過性の中空糸膜を利用し燃料電池の加湿に好適に使用することのできる加湿装置に関する。

【0002】

【従来の技術】燃料電池には固体高分子型のものがあるが、近年、電気自動車の動力源などとして注目されている燃料電池においては、燃料電池から排出された湿潤ガスであるオフガスの水分を乾燥エアに水分交換する加湿装置が用いられている。このような燃料電池に用いられる加湿装置としては、電力消費量が少ないものが好適である。また、取り付けスペースが小さい、いわばコンパクト性が求められる。そのため、加湿装置としては超音波加湿、スチーム加湿、気化式加湿、ノズル噴射などの種類があるものの、燃料電池に用いられる加湿装置としては、中空糸膜を用いたものが好適に利用されている。

【0003】従来の中空糸膜を用いた加湿装置として、たとえば特開平 7-71795 号公報に開示されたものがある。この加湿装置について図 8 を用いて説明すると、加湿装置 100 は、ハウジング 101 を有している。ハウジング 101 には、乾燥エアを導入する第一の流入口 102 および乾燥エアを排出する第一の流出口 103 が形成されており、ハウジング 101 の内部に多数、たとえば 5000 本の中空糸膜からなる中空糸膜束 104 が収納されている。また、ハウジング 101 の両端部には、中空糸膜束 104 の両端部を開口状態で固定する固定部 105、105' が設けられている。固定部 105 の外側には、湿潤エアを導入する第二の流入口 106 が形成されており、固定部 105' の外側には、中空糸膜束 104 によって水分を分離・除去された湿潤エ

アを排出する第二の流出口 107 が形成されている。さらに、固定部 105、105' はそれぞれ第二のヘッドカバー 108 および第二のヘッドカバー 109 によって覆われている。また、第二の流入口 106 は第一のヘッドカバー 108 に形成されており、第二の流出口 107 は第二のヘッドカバー 109 に形成されている。

【0004】このように構成された中空糸膜を用いた加湿装置 100 において、第二の流入口 106 から湿潤エアを供給して中空糸膜束 104 を構成する各中空糸膜内を通過させると、湿潤エア中の水分は、中空糸膜の毛管作用によって分離され、中空糸膜の毛管内を透過して、中空糸膜の外側に移動する。水分を分離させられた湿潤エアは、第二の流出口 107 から排出される。一方、第一の流入口 102 からは乾燥エアが供給される。第一の流入口 102 から供給された乾燥エアは、中空糸膜束 104 を構成する中空糸膜の外側を通過する。中空糸膜の外側には、湿潤エアから分離させられた水分が移動してきており、この水分によって乾燥エアが加湿される。そして、加湿エアは第一の流出口 103 から排出されるというものである。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来の加湿装置 100 は、中空糸膜をまっすぐに整列させたものを束ねた構造をもっているため、湿潤エアを、中空糸膜束を構成する各中空糸膜の内側に通過させると、下流側に向かうに従い、圧力損失のため流れが層流となり内壁面に近い湿潤エアは水分が分離されるが、流速の早い中心部の湿潤エアは水分が分離されずにそのまま中空糸膜を通りぬけてしまうという問題を生じていた。その結果、全体として乾燥エア側への水分透過率が低下するという問題があった。

【0006】本発明は、前記課題を解決するためになされたものであって、湿潤気体側から乾燥気体側への水分透過率を向上させることができ、燃料電池の加湿に好適に使用することのできる加湿装置を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決するための請求項 1 に記載された発明の要旨とするところは、ハウジングの長手方向に沿って配した多数の水透過性の中空糸膜を前記ハウジング内に収納し、前記中空糸膜の内側と外側にそれぞれ水分含有量の異なる気体を通流して前記気体間で水分交換を行い、水分含有量の少ない乾燥気体を加湿する加湿装置において、前記中空糸膜の内側に乱流発生構造を設けたことを特徴とするものである。

【0008】このように、中空糸膜の内側に乱流発生構造を設けることにより、水分組成が均一な気体が中空糸膜の内表面を流れるようになる。したがって、流れが層流である場合に比べて中空糸膜の内側と外側の近傍を通流する気体間の水分含有量の差を大きくすることがで

き、湿潤気体側から乾燥気体側への水透過率が高くなる。中空糸膜の内側には、湿潤気体／乾燥気体のいずれを通過しても良く、いずれを通過する場合でも流れを乱流にして水透過率を高くする。なお、発明の実施の形態で説明する加湿装置は、燃料電池のオフガスである湿潤気体を中空糸膜の内側に通過するものである。

【0009】前記課題を解決するための請求項2に記載された発明の要旨とするところは、前記乱流発生構造が、前記中空糸膜の内壁面に突起を設けたことを特徴とする請求項1に記載の加湿装置である。

【0010】このように、中空糸膜の内壁面に突起を設けて気体を突起と衝突させることにより乱流とすることができる。その結果、気体の水分組成が均一となって中空糸膜の内表面を流れるようになるので湿潤気体側から乾燥気体側への水透過率が高くなる。

【0011】前記課題を解決するための請求項3に記載された発明の要旨とするところは、前記乱流発生構造が、前記中空糸膜の内側への気体の入口部に捻れフィンを設けたことを特徴とする請求項1または請求項2に記載の加湿装置である。

【0012】このように、中空糸膜の内側への気体の入口部に捻れフィンを設けて中空糸膜の内側を通過する気体を捻れフィンで攪拌することにより乱流とすることができる。その結果、気体の水分組成が均一となって中空糸膜の内表面を流れるようになるので湿潤気体側から乾燥気体側の水透過率が高くなる。

【0013】前記課題を解決するための請求項4に記載された発明の要旨とするところは、前記乱流発生構造が、前記中空糸膜の内側への気体の入口部に段差部を設けたことを特徴とする請求項1乃至請求項3のうちのいずれか1項に記載の加湿装置である。

【0014】このように、中空糸膜の内側への気体の入口部に段差部を設けて湿潤気体を衝突させることにより乱流とすることができる。その結果、中空糸膜の内側を通過する気体の水分組成が均一となって中空糸膜の内表面を流れるようになる。したがって、前記と同様、流れが層流である場合に比べて中空糸膜の内側と外側の近傍を通過する気体間の水分含有量の差を大きくすることができ、湿潤気体側から乾燥気体側への水透過率が高くなる。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係る加湿装置を、燃料電池用の加湿装置に適用した実施の形態を、図面を参照して詳細に説明する。図1は、燃料電池システムの全体構成図である。図2は、燃料電池の構成を模式化した説明図である。図3は、加湿装置の構成を示す斜視図である。図4は、加湿装置内における気体の流れを示す断面図である。

【0016】まず、図1を参照して、本発明の実施の形態に係る加湿装置が適用される燃料電池システムの全体

構成及び作用について説明する。燃料電池システムFCSは、燃料電池1、加湿装置2、気液分離装置3、空気圧縮機4、燃焼器5、燃料蒸発器6、改質器7、CO除去器8及び水・メタノール混合液貯蔵タンク（以下「タンク」という）T等から構成される。なお、燃料電池1は、固体高分子型のものである。

【0017】燃料電池1は、酸化剤ガスとしての加湿空気が酸素極側1aに供給されると共に、燃料ガスとしての水素リッチガスが水素極側1bに供給され、水素と酸素とを化学反応させて化学エネルギーから電気エネルギーを取り出し、発電を行う。加湿空気は、乾燥気体たる外気（空気）を圧縮及び加湿することにより発生する。ここで、空気（乾燥空気）の圧縮は空気圧縮機4で行い、加湿は中空糸膜の内側に乱流発生構造を有する中空糸膜モジュールを設けた加湿装置2で行う。ちなみに、加湿装置2での乾燥空気の加湿は、燃料電池1の酸素極側1aから排出され水分を多量に含むオフガスと相対的に水分を少量しか含まない乾燥空気との間で、水分の交換を行うことによりなされるが、この点は後に詳細に説明する。一方、燃料ガスは、原燃料である水とメタノールの混合液を蒸発、改質及びCO除去を行うことにより発生する。ここで、原燃料の蒸発は燃料蒸発器6で、改質は改質器7で、CO除去はCO除去器8で行う。ちなみに、燃料蒸発器6にはタンクTに貯蔵された原燃料がポンプPを介して供給され、改質器7には燃料蒸発器6で蒸発した原燃料ガス（改質用の空気が混合されたもの）が供給され、CO除去器8には改質器7で改質された燃料ガスが供給される。なお、改質器7では触媒の存在下、メタノールの水蒸気改質及び部分酸化が行われる。また、CO除去器8では触媒の存在下、選択酸化が行われCOがCO₂に転換される。CO除去器8は、COの濃度を可及的に低減するため、No. 1 CO除去器とNo. 2 CO除去器の2つから構成される。また、CO除去器8には、空気圧縮機4から選択酸化用の空気が供給される。

【0018】なお、燃料電池1からは、未利用の水素を含む水素極側1bのオフガス及び反応生成物である水を多量に含む酸素極側1aのオフガスが同時に発生するが、酸素極側1aのオフガスは、前記の通り加湿器2で空気の加湿用に使用された後、水素極側1bのオフガスと混合され、気液分離装置3で水分が除去される。そして、水分が除去されたオフガス（混合オフガス）は、燃焼器5で燃焼され燃料蒸発器6の熱源として使用される。なお、燃焼器5には、補助燃料（メタノール等）及び空気が供給され、燃料蒸発器6の熱量不足を補ったり燃料電池システムFCSの起動時の暖機を行ったりする。

【0019】次に、図2を参照して、燃料電池システムFCSの中核をなす燃料電池の構成及び作用について説明する。この図2における燃料電池1は、その構成を模

式化して1枚の単セルとして表現してある(実際には燃料電池1は、単セルを200枚程度積層した積層体として構成される)。図2に示すように、燃料電池1は、電解質膜13を挟んで水素極側1bと酸素極側1aとに分けられ、それぞれの側に白金系の触媒を含んだ電極が設けられており、水素極14及び酸素極12を形成している。そして、水素極側ガス通路15には原燃料から発生した水素リッチな燃料ガスが通流され、酸素極側ガス通路11には酸化剤ガスとして加湿装置2で加湿された加湿空気が通流される。電解質膜13としては固体高分子膜、例えばプロトン交換膜であるパーフロロカーボンスルホン酸膜を電解質として用いたものが知られている。この電解質膜13は、固体高分子中にプロトン交換基を多数持ち、飽和含水することにより常温で20Ω-プロトン以下の低い比抵抗を示し、プロトン導伝性電解質として機能する。従って、触媒の存在下、水素極14で水素がイオン化して生成したプロトンは、容易に電解質膜13中を移動して酸素極12に到達する。そして、酸素極12に到達したプロトンは、触媒の存在下、加湿空気中の酸素から生成した酸素イオンと直ちに反応して水を生成する。生成した水は、加湿空気と共に湿潤気体たるオフガスとして燃料電池1の酸素極側1aの出口から排出される。なお、水素極14では水素がイオン化する際に電子 e^- が生成するが、この生成した電子 e^- はモータ等の外部負荷Mを経由して酸素極12に達する。このように加湿した加湿空気を酸化剤ガスとして燃料電池1に供給するのは、電解質膜13が乾燥すると電解質膜13におけるプロトン導伝性が低くなって発電効率が低下するからである。従って、固体高分子型の燃料電池1を使用する燃料電池システムFCSにおいては、加湿が重要な意義を有する。ちなみに、燃料ガス側の加湿は、原燃料である水とメタノール混合液に燃料ガスの加湿に必要な水分量が最初から添加されているので不要であるが、原燃料中に加湿に必要な水分量が添加されていない場合には本発明の加湿装置2が適用できる。

【0020】続いて、図3及び図4を参照して本発明の一実施の形態である加湿装置2の構成及び作用を説明する。加湿装置2は、図3(a)に示すように、略円柱形をした中空糸膜モジュール21を並列に2本有すると共に、箱型をした一端側分配器22及び他端側分配器23を有し、全体として直方体形状に構成されている。2本の中空糸膜モジュール21、21は、一端側分配器22及び他端側分配器23により水平に所定の間隔をおいて配置されて固定されている。また、2本の中空糸膜モジュール21、21のそれぞれは、一端側分配器22を介して乾燥空気の供給及びオフガスの排出が、他端側分配器23を介して加湿されてなる加湿空気の排出及びオフガスの供給が行えるようになっている。

【0021】中空糸膜モジュール21は、図3(b)に示すように、ハウジング21a、及びこのハウジング2

1aに收容される中空糸膜束21bを含んで構成される。ハウジング21aは、両端が開放された中空円筒形状をしている。このハウジング21aには、その両端部近傍に開口部がそれぞれ複数個(円周方向に8個程度ずつ)設けてある。一方、ハウジング21aに収納される中空糸膜束21bは、図3(c)に示す中空通路を有する中空糸膜HFを数千本束ねたものであり、ハウジング21aの両端面(開口部よりも端側)に中空糸膜HFの中空通路を確保しつつお互いが散らばらないように接着剤で固定してある。この中空糸膜束21bをハウジング21aに接着してある部分21g、21hをポッティング部というが、このポッティング部21g、21hにより中空糸膜HFの内側である中空通路を通流するオフガスと中空糸膜HFの外側を通流する乾燥空気(加湿空気)が混合しないようになっている。なお、この中空糸膜モジュール21は、ハウジング21aの一端側の端面がオフガス流出口21d_{out}として使用され、他端側の端面がオフガス流入口21d_{in}として使用される。また、ハウジング21aの一端側の円周方向の開口部が乾燥空気流入口21c_{in}として使用され、他端側の円周方向の開口部が加湿空気流出口21c_{out}として使用される。ちなみに、このような中空糸膜モジュール21は、ハウジング21aに所定数の中空糸膜HF・HF・・・の束を挿通し、両端面近傍を接着剤で充分接着固定した後、ハウジング21aの両端に沿って中空糸膜HF・HF・・・の束を切断除去することにより作成される。なお、中空糸膜HFの内側に設けられる乱流発生構造の詳細については後述する。

【0022】一端側分配器22は、前記したように他端側分配器23と共に、2本の中空糸膜モジュール21、21を所定の位置関係で固定するが、この一端側分配器22は、オフガス出口22a及び乾燥空気入口22bを有する。オフガス出口22aと各中空糸膜モジュール21のオフガス流出口21d_{out}は、一端側分配器22の内部に配した内部流路22a'により連結されている(図4(a),(b)参照)。同様に、乾燥空気入口22bと各中空糸膜モジュール21の乾燥空気流入口21c_{in}は、一端側分配器22の内部に配した内部流路22b'により連結されている(図4(a),(c)参照)。

【0023】一方、他端側分配器23も、オフガス入口23a及び加湿空気出口23bを有する。オフガ入口23aと各中空糸膜モジュール21のオフガス流入口21d_{in}は、他端側分配器23の内部に配した内部流路23a'により連結されている(図4(a)参照)。同様に、加湿空気出口23bと各中空糸膜モジュール21の加湿空気流出口21c_{out}は、他端側分配器23の内部に配した内部流路23b'により連結されている(図4(a)参照)。

【0024】前記中空糸膜モジュール21に使用される中空糸膜HFは、図3(c)に示すように内径が300

マイクロメートルから700マイクロメートル程度の細い円筒形の中空糸である。中空糸膜HFが細いために中空糸膜モジュール当りの膜充填密度が大きいかつ高压に耐えるという特徴がある。この中空糸膜HFによる水分の分離原理は、湿潤気体であるオフガスを中空糸膜HFの内側に流通すると中空糸膜HFの毛管中で蒸気圧が低下するので毛管中で水蒸気の凝縮が起こり凝縮水となる。この凝縮水が毛管現象により吸い出されて中空糸膜の外側に流通する乾燥気体側に透過するという中空糸膜HFの毛管作用を利用したものである。

【0025】次に、図3及び図4を参照して加湿装置2の作用を説明する。湿潤気体たるオフガスは、他端側分配器23のオフガス入口23aから加湿装置2に入り、内部流路23a'を経由して中空糸膜モジュール21のオフガス流入口21d₁に達する。オフガスは、ここから分岐して中空糸膜束21bを構成する各中空糸膜HF・HF・・・の内側を流通する。この際オフガスは、含有する水分を中空糸膜HFの外側を流通する乾燥空気を与える。中空糸膜HFの内側を流通したオフガスは、オフガス流出口21d₂から中空糸膜HFを抜け出る。各中空糸膜HF・HF・・・を抜け出たオフガスは、合流して内部流路22a'を通過してオフガス出口22aに達し、後段の気液分離装置3に向かう。なお、前記の通り他端側分配器23の内部流路23a'は、2本ある中空糸膜モジュール21、21のそれぞれに連結されているので、オフガスは、各中空糸膜モジュール21に分配される。この点、一端側分配器22の内部流路22a'も同じであるので、説明を省略する。

【0026】一方、乾燥気体たる乾燥空気は、一端側分配器22の乾燥空気入口22bから加湿装置2に入り、内部流路22b'を経由して中空糸膜モジュール21の乾燥空気流入口21c₁に達する。乾燥空気は、ここからハウジング21aの内側全体に行き渡って中空糸膜HFの外側を流通する。この際乾燥空気は、オフガスから水分の供給を受けて加湿され加湿空気になる。加湿空気は、加湿空気流出口21c₂からハウジング21aを抜け出し、内部流路23b'を通過して加湿空気出口23bに達し、後段の気液分離装置3に向かう。なお、前記の通り一端側分配器22の内部流路22b'は、2本ある中空糸膜モジュール21、21のそれぞれに連結されているので、乾燥空気は、各中空糸膜モジュール21に分配される。この点、他端側分配器23の内部流路23b'も同じであるので、説明を省略する。

【0027】このように中空糸膜モジュール21をパッケージングすることにより、取り扱いの容易さを確保しつつ省スペース化を図ることができる。

【0028】次に、本発明に係る加湿装置2に使用される水透過性の中空糸膜HFの内側に設けられる乱流発生構造の実施の形態について図5(a)乃至図5(c)を参照して説明する。中空糸膜HFの内側に設けられる乱

流発生構造の第一実施の形態について図5(a)を参照して説明する。第一実施の形態の乱流発生構造は、湿潤気体であるオフガスをその内側に流通する円筒の中空糸膜31の内壁面に沿って突起31aを適宜間隔で全面に設けたものである。突起31aの断面形状は、図5

(a)では半円であるが、矩形でも角錐でも中空糸膜31の中心側に向かって突出するものであれば何でも良い。突起31aを内壁面に設けるには、紫外線硬化樹脂を塗布した微粒子を中空糸膜31内に送り込み、紫外線を照射して中空糸膜31の内壁面に固定するという方法を適用することができる。前記紫外線硬化樹脂としては、水や溶媒に溶解しない樹脂、例えば共栄社化学株式会社製の無着色タイプの紫外線硬化型オリゴマーが使用される。

【0029】このように中空糸膜31の内壁面に突起31aを設けることにより、内壁面側を流れる湿潤気体であるオフガスが突起31aと衝突して中心側を流れるオフガスと好適に混合・攪拌されるので乱流とすることができる。その結果、オフガス中の水分組成が均一となって中空糸膜31の内表面を流れるようになるので、突起がない場合と比較してオフガス側から乾燥空気側への水透過率が高くなる。なお、図5(a)ではオフガスを乾燥空気の流れに対して向流に流しているが並流に流してもよい。

【0030】中空糸膜HFの内側に設けられる乱流発生構造の第二実施の形態について図5(b)を参照して説明する。第二実施の形態の乱流発生構造は、円筒の中空糸膜41の湿潤気体であるオフガスの入口部に捻れフィン41aを圧入して設けたものである。捻れフィン41aの形状は1つ1つが矩形状の板を180度捻った形状をしている。捻り方向は、図5(b)では一方向にのみ捻ったフィンを示しているが、オフガスが左に捻られる左エレメントと右に捻られる右エレメントを組み合わせると各々が90度となるように連結したフィンを設定してもよい。捻れフィン41aの材質は、ステンレス、チタン等金属製のフィンが使用されるが樹脂製、セラミックス製のものも使用できる。

【0031】このように、中空糸膜41の湿潤気体であるオフガスの入口部に捻れフィン41aを設けてオフガスを捻れフィン41aで攪拌することにより乱流とすることができる。その結果、オフガス中の水分組成が均一となって中空糸膜の内表面を流れるようになるので捻れフィン41aがない場合と比較してオフガス側から乾燥空気側への水透過率が高くなる。なお、図5(a)ではオフガスを乾燥空気の流れに対して向流に流しているが並流に流してもよい。但しこの場合には、捻れフィン41aを設ける位置は図5(b)とは反対側の位置となる。

【0032】中空糸膜HFの内側に設けられる乱流発生構造の第三実施の形態について図5(c)を参照して説

明する。第三実施の形態の乱流発生構造は、湿潤気体であるオフガスが導入される円筒の中空糸膜 51 の入口部の内壁面の 1 部を潰して、内壁面に段差部 51a を設けたものである。図 5 (c) では、片側に段差部 51a を設けているが中空糸膜 51 の軸に対して非対称となるように両側に設けてもよい。

【0033】このように内壁面に段差部 51a を設けたことにより、オフガスが入口部の段差部 51a に衝突して攪乱されるので乱流とすることができる。その結果、オフガス中の水分組成が均一となって中空糸膜 51 の内表面を流れるようになるのでオフガス側から乾燥空気側への水透過率が高くなる。なお、図 5 (c) ではオフガスを乾燥空気の流れに対して向流に流しているが並流に流してもよい。

【0034】このように中空糸膜の内側に乱流発生構造である突起、捻れフィンや段差部を設けることにより、中空糸膜内にオフガスを導入したときに乱流が発生しやすくなる。その結果、オフガス中の水分組成が均一となって中空糸膜の内表面を流れるようになるので、オフガス側から乾燥空気側への水透過率が高くなる。また、中空糸膜の内側に、これらの乱流発生構造を組み合わせることで、さらにオフガス中の水分組成が均一となるので、乱流発生構造を単独で設けたときよりもオフガス側から乾燥空気側への水透過率が高くなる。

【0035】なお、本発明者は、本発明をするにあたり、従来問題となっていた以下の問題を解決するのに適した中空糸膜モジュールの製造方法も見出したのでここに紹介する。上述した発明は、中空糸膜がまっすぐに整列して束ねた構造を持っている中空糸膜モジュールに適用されるが、実際上は、中空糸膜モジュールを製造する際に中空糸膜自身が非常に細く長いので、中空糸膜同士が絡みあったり中空糸膜自身の捻れ等により乱れが生じ易く、その結果、中空糸膜束の外側を通過する乾燥空気が膜全体に行き渡らずオフガス側から乾燥空気側への水透過率の低下や乾燥空気の流路が一部閉塞状態となり圧力損失が増大するという問題があった。そのため、中空糸膜をまっすぐに整列できる中空糸膜モジュールの製造方法が望まれていた。

【0036】以下、実際に中空糸膜モジュールを製造するときに、中空糸膜をまっすぐに整列できる中空糸膜モジュールの製造方法について図 6 および図 7 を参照して説明する。中空糸膜をまっすぐに整列できる中空糸膜モジュールの第一の製造方法は、太さの異なる中空糸膜を組み合わせる製造方法である。製造方法の第一工程は、図 6 に示すように、一番太い中空糸膜 61 を芯にして、該中空糸膜 61 の周りを囲むように他の細い中空糸膜 62 を配設したものを 1 ユニット 60 とする。例えば細い中空糸膜の数で 20 本から 30 本に対して直径比で 2 倍の中空糸膜を 1 本混ぜるように構成する。製造方法の第二工程は、中空糸膜モジュールのハウジング内に前記ユ

ニット 60 を複数ユニット装填する。

【0037】このように構成することにより、一番太い中空糸膜 61 は、細い中空糸膜 62 に比較して曲がりにくいので芯がねの役割をし、中空糸膜モジュール内の他の中空糸膜 62 の乱れが抑制される。その結果、中空糸膜モジュール内の中空糸膜 61, 62 をまっすぐに整列でき、中空糸膜束の外側を通流する乾燥空気が中空糸膜束全体に行き渡るようになるので、オフガス側から乾燥空気側への水透過率が向上し、かつ、乾燥空気の流路の圧力損失も低減される。

【0038】中空糸膜をまっすぐに整列できる中空糸膜モジュールの第二の製造方法は、製造工程に静電気を利用する方法である。製造工程に静電気を利用する中空糸膜モジュールの製造方法について図 7 を参照して説明する。

<第一工程> 複数の中空糸膜 71 の片側を固定部 71a に接着する (図 7 (a) 参照)。

<第二工程> 固定部 71a を上にして中空糸膜 71 を鉛直方向に吊るす (図 7 (b) 参照)。このように鉛直方向に吊るすことにより一本一本の中空糸膜 71 のたるみが生じ難くなる。

<第三工程> 中空糸膜 71 に静電気を帯電させる (図 7 (c) 参照)。帯電させるのに使用する機器としては例えば理科の実験で使用するベルト式発電機が使用できる。静電気を帯電させることにより中空糸膜同士は同じ電荷 (正電荷) を帯びるので、互いに反発する結果、中空糸膜同士の絡みおよび中空糸膜自身のたるみが解消される。

<第四工程> 中空糸膜 71 の帯びている電荷 (正電荷) と反対の電荷 (負電荷) の静電気電極をコロナ放電が起こらない距離に近づける (図 7 (d) 参照)。ここで静電気電極 71b の面積は、中空糸膜を接着・固定する固定部 71a の径の 4 倍以上の面積が必要である。

<第五工程> このようにして中空糸膜 71 の帯びている電荷 (正電荷) と反対の電荷 (負電荷) の静電気電極 71b を所定の距離となるように近づけることにより、静電引力により中空糸膜 71 を空間に固定することができる (図 7 (e) 参照)。

<第六工程> 次に導電性のある中空の筒 71c (例えば金属製の筒) を固定部 71a の上側からかぶせて静電気の反発力で広がった中空糸膜 71 の束を中空の筒 71c の中に収納する (図 7 (e) および図 7 (f) 参照)。このようにすることにより静電シールド効果により中空の筒 71c 内部に収納された中空糸膜 71 の静電気の帯電は解消されるので、中空糸膜の束は整列されたままの状態で筒の中に好適に収納できる。

<第七工程> 中空糸膜 71 のもう一方の側を固定部 71d に接着し (図 7 (g) 参照)、前記固定部 71d を中空の筒 71c の中に収納する (図 7 (h) 参照)。中空糸膜モジュールの製造終了。このように中空糸膜モジ

ジュールを製造することにより中空糸膜を整然と整列させることができ、しかも膜充填密度の高い中空糸膜モジュールを製造することができる。その結果、中空糸膜束の外側を通過する乾燥空気が膜全体に行き渡るので、オフガス側から乾燥空気側への水透過率が向上し、かつ、乾燥空気の流路の圧力損失も低減される。

【0039】中空糸膜をまっすぐに整列できる中空糸膜モジュールの第三の製造方法は、中空糸膜モジュール内の中空糸膜HFの充填率を30%から40%に設定する製造方法である(図3参照)。中空糸膜モジュール21内の中空糸膜HFの充填率を30%から40%に設定する理由は、中空糸膜モジュール21内の中空糸膜HFの充填率が30%以下の場合、一本一本の中空糸膜間の隙間が大きくなって中空糸膜がたるみを生じやすくなる。一方、中空糸膜モジュール21内の中空糸膜HFの充填率が40%を超える場合は、一本一本の中空糸膜間の隙間が狭くなりいったん絡まった中空糸膜が入れ替わって整列する余裕が消失してしまうからである。このように、中空糸膜モジュール21内の中空糸膜の充填率を30%から40%に設定することにより中空糸膜HFの整列効果が得られる。その結果、中空糸膜モジュール21内の中空糸膜をまっすぐに整列でき、中空糸膜束の外側を通過する乾燥空気が膜全体に行き渡るので、オフガス側から乾燥空気側への水透過率が向上し、かつ、乾燥空気の流路の圧力損失も低減される。

【0040】以上、実際に中空糸膜モジュールを製造するときに、中空糸膜をまっすぐに整列できる中空糸膜モジュールの製造方法について説明したが、以上述べたこれらの方法は適宜組み合わせで行うこともできる。なお、上述した中空糸膜モジュールの製造方法は、中空糸膜モジュールだけに限らず他の膜を使った膜モジュールを製造する場合にも適用できる。

【0041】以上、本発明は、上記説明した実施の形態に限定されることなく幅広く変更実施することができる。例えば、加湿装置は、燃料電池ばかりでなく他の用途にも適用することができる。また、中空糸膜の外側に湿潤気体であるオフガスを流通し、その内側に乾燥気体である乾燥空気(加湿空気)を流通してもよい。さらに実施の形態ではオフガスと乾燥空気は向流に流してあるが並流に流しても良い。

【0042】ここで、乾燥空気とオフガスを向流または並流で流したときのそれぞれの長所について説明する。乾燥空気とオフガスを向流で流したときの長所としては、中空糸膜内の温度濃度差を均一化することができるので、水透過率が向上することが挙げられる。また、気体の入口と出口が対向することになるので、ガス配管のレイアウト性が向上する。さらには、中空糸膜による熱交換率が良くなるので、ガスの冷却性能が向上する、しかも、熱交換率が高いので、乾燥空気の出口の温度をオフガスの出口温度に合わせやすいため、温度調節が容易

となる。従って、燃料電池へ供給する空気の湿度を管理しやすくなる。一方、乾燥空気とオフガスを並流として流したときの長所としては、乾燥空気とオフガスが入口部分で湿度濃度差が高いので、加湿効率が向上するため、中空糸膜自体の全長を短縮できるので、装置を小型化できるので、中空糸を整列させて束ねることが容易となり、これらのことにより、コストの低減に寄与する。さらには、乾燥空気の熱交換率が低くなるので、高出力時に燃料電池に供給するガス温度を高めに設定することができる。従って、燃料電池の効率を向上させることができる。

【0043】最後に、加湿装置が有する温度調節機能について補足する。例えば、スーパーチャージャなどの空気圧縮機で圧縮された乾燥空気は、おおよそ30℃(燃料電池のアイドリング時)～120℃(燃料電池の最高出力時)の間で温度が変化する。一方、燃料電池は温度調節下約80℃で運転され、80℃+ α 程度のオフガスが排出される。このオフガスと空気圧縮機で圧縮された乾燥空気を加湿装置に流通すれば、中空糸膜において水分移動と共に熱移動も起こり、乾燥空気はオフガスに近い温度(つまり燃料電池の運転温度に近い安定した温度)の加湿空気になって燃料電池に供給される。即ち、乾燥空気は、燃料電池のアイドリング時などの低出力時には加湿装置により加湿及び加温されて燃料電池に供給され、燃料電池の最高出力時などの高出力時には加湿装置により加湿及び冷却され、安定した温度範囲の加湿空気として燃料電池に供給される。従って、加湿装置が有する温度調節機能により燃料電池を好適な温度条件で運転することができ、燃料電池の発電効率が高くなる。また、空気圧縮機の吐出側にインタークーラが取り付けられる場合は、空気圧縮機で圧縮された乾燥空気は冷却(又は加温)され、おおよそ50℃(燃料電池のアイドリング時)～60℃(燃料電池の最高出力時)の間で温度が変化する。このインタークーラを通過した乾燥空気をオフガス(80℃+ α)が流通する加湿装置に流通すれば、乾燥空気は、中空糸膜において加湿及び温度調節(加温)されオフガスに近い温度、つまり燃料電池の運転温度に近い安定した温度範囲の加湿空気になって燃料電池に供給される。従って、インタークーラが取り付けられた場合も、加湿装置が有する温度調節機能により燃料電池を好適な温度条件で運転することができ、燃料電池の発電効率が高くなる。

【0044】

【発明の効果】以上の構成と作用から明かなように、(1)本発明のうちの請求項1に係る発明によれば、中空糸膜の内側に乱流発生構造を設けることにより、水分組成が均一な気体が中空糸膜の内表面を流れるようになるので、中空糸膜の内側と外側の近傍を流通する気体間の水分含有量の差を大きくすることができ、水分含有量の多い湿潤気体側から水分含有量の少ない乾燥気体側へ

の水透過率が高くなる。

(2) 請求項 2 に係る発明によれば、中空糸膜の内壁面に突起を設けて湿潤気体を突起と衝突させることにより乱流とすることができる。その結果、気体の水分組成が均一となって中空糸膜の内表面を流れるようになるので、前記したように水分含有量の多い湿潤気体側から水分含有量の少ない乾燥気体側への水透過率が高くなる。

(3) 請求項 3 に係る発明によれば、中空糸膜の内側への気体の入口部に捻れフィンを設けて湿潤気体を捻れフィンで攪拌することにより乱流とすることができる。その結果、湿潤気体の水分組成が均一となって中空糸膜の内表面を流れるようになるので、前記したように水分含有量の多い湿潤気体側から水分含有量の少ない乾燥気体側への水透過率が高くなる。

(4) 請求項 4 に係る発明によれば、中空糸膜の内側への気体の入口部に段差部を設けて湿潤気体を段差部に衝突させることにより乱流とすることができる。その結果、中空糸膜の内側を通流する体の水分組成が均一となって中空糸膜の内表面を流れるようになるので、前記したように水分含有量の多い湿潤気体側から水分含有量の少ない乾燥気体側への水透過率が高くなる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明に係る加湿装置が適用される燃料電池システムの全体構成図である。

【図 2】本発明に係る加湿装置により加湿される燃料電池の構成を模式化した説明図である。

【図 3】(a) 本発明に係る加湿装置の構成を示す斜視図である。

(b) 中空糸膜モジュールの斜視図である。

(c) 中空糸膜の拡大図である。

【図 4】(a) 本発明に係る加湿装置内における気体の流れを示す断面図である。

(b) 図 4 (a) の X-X 断面図である。

(c) 図 4 (a) の Y-Y 断面図である。

【図 5】(a) 本発明に係る加湿装置で使用される中空糸膜の内側に設けられる乱流発生構造の第一実施の形態を示す断面図である。

(b) 本発明に係る加湿装置で使用される中空糸膜の内側に設けられる乱流発生構造の第二実施の形態を示す断面図である。

(c) 本発明に係る加湿装置で使用される中空糸膜の内側に設けられる乱流発生構造の第三実施の形態を示す断面図である。

【図 6】本発明に係る加湿装置で使用される中空糸膜をまっすぐに整列して収納できる中空糸膜モジュールの第一の製造方法を説明するための図である。

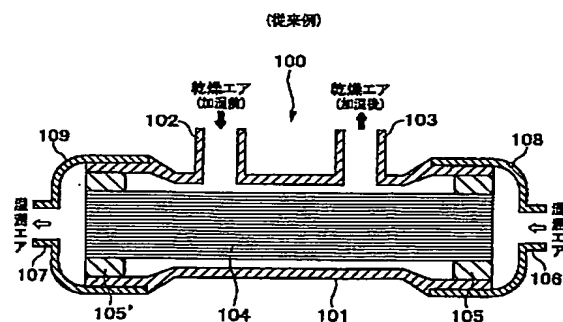
【図 7】本発明に係る加湿装置で使用される中空糸膜をまっすぐに整列して収納できる中空糸膜モジュールの第二の製造方法を説明するための図である。

【図 8】従来の中空糸膜を用いた加湿装置を示す断面図である。

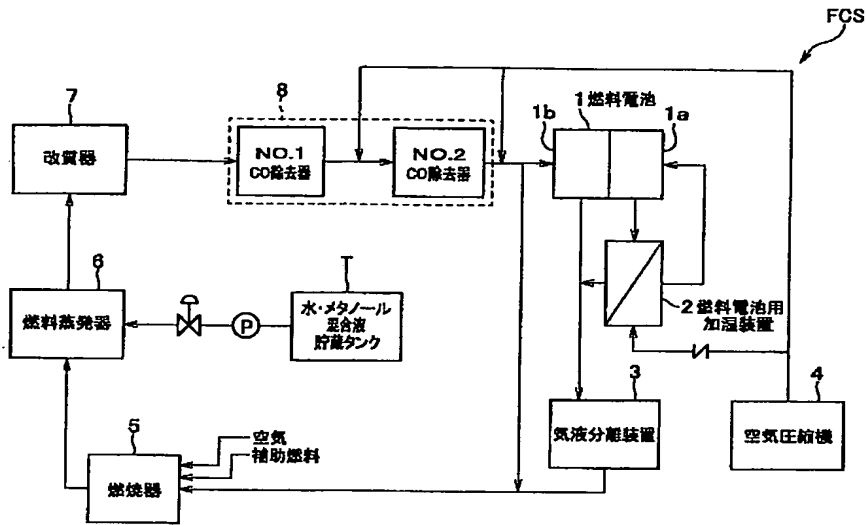
【符号の説明】

2	加湿装置 (燃料電池用加湿装置)
2 1	中空糸膜モジュール
2 1 a	ハウジング
2 1 b	中空糸膜束
2 1 c _{1a}	乾燥空気流入口
2 1 c _{1b}	加湿空気流出口
2 1 d _{1a}	オフガス流入口
2 1 d _{1b}	オフガス流出口
2 2	一端側分配器
2 2 a	オフガス出口
2 2 a'	内部流路
2 2 b	乾燥空気入口
2 2 b'	内部流路
2 3	他端側分配器
2 3 a	オフガス入口
2 3 a'	内部流路
2 3 b	加湿空気出口
2 3 b'	内部流路
3 1 a	突起
4 1 a	捻れフィン
5 1 a	段差部
HF, 3 1, 4 1, 5 1,	中空糸膜

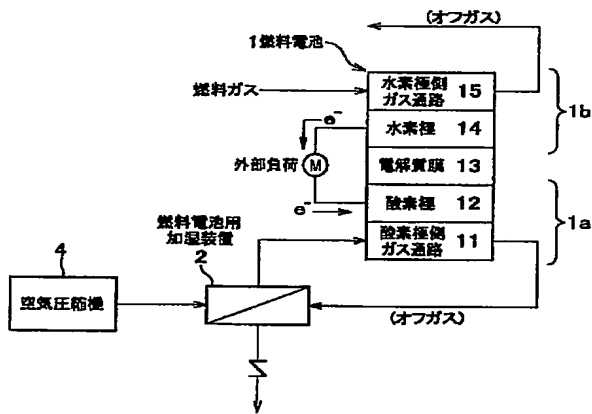
【図 8】



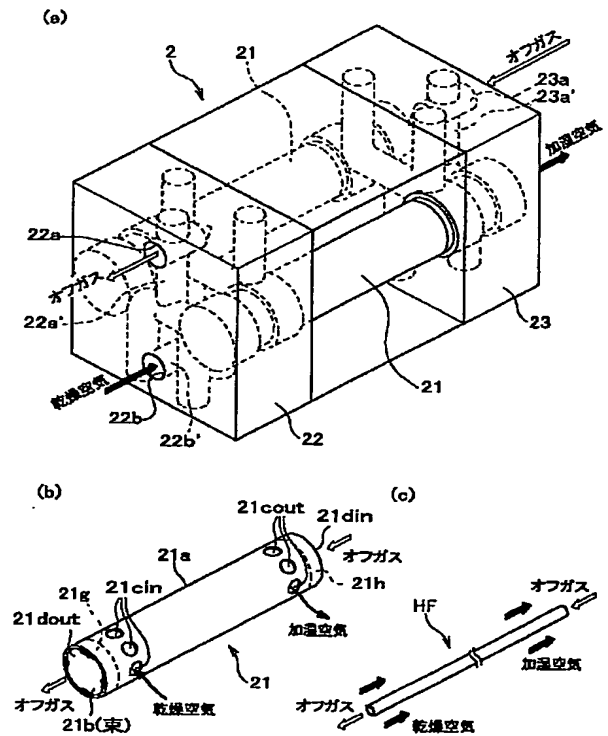
【図 1】



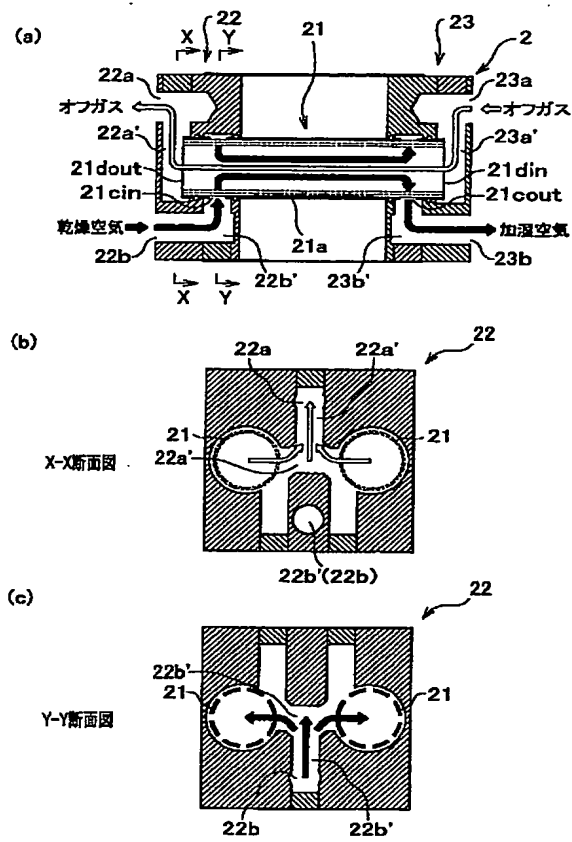
【図 2】



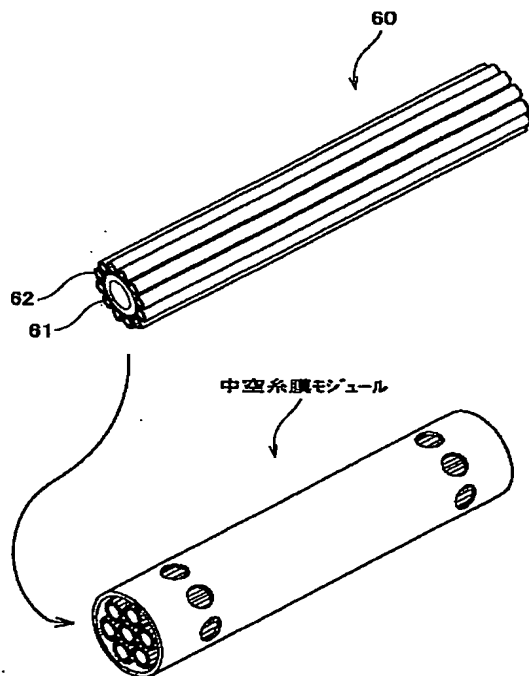
【図 3】



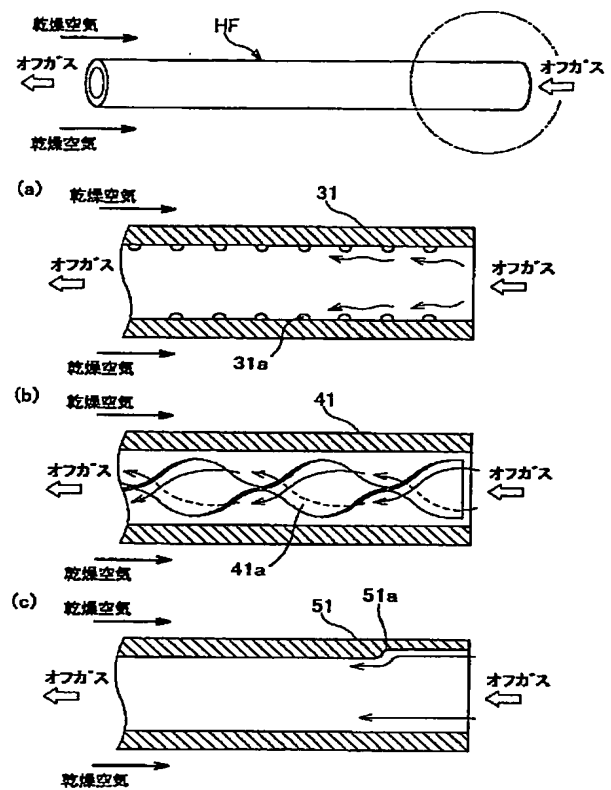
【図 4】



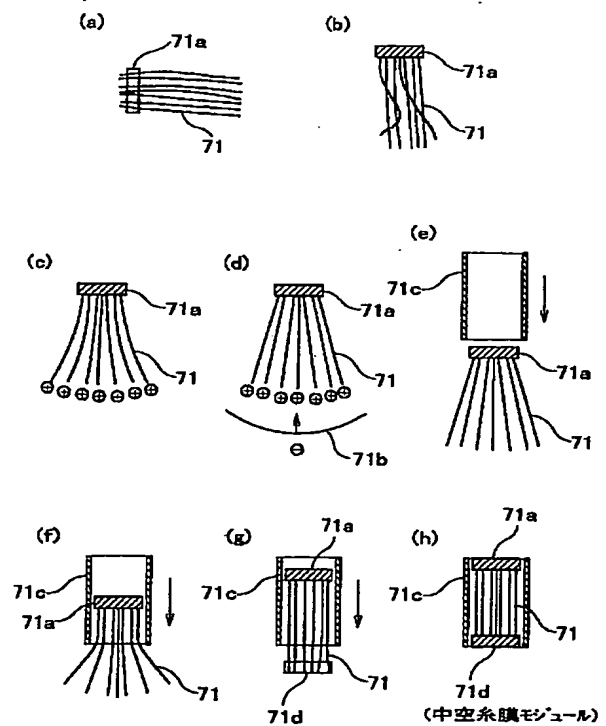
【図 6】



【図 5】



【図 7】



フロントページの続き

(72)発明者 鈴木 幹浩
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会
社本田技術研究所内

(72)発明者 片桐 敏勝
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会
社本田技術研究所内

Fターム(参考) 3L055 AA10 BA01 DA05
4D006 GA41 HA02 JA02A JA02Z
JA30A JA70A MA01 MB02
MB04 PB65 PC80
5H026 AA06
5H027 AA06 BA08